

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 4 月 22 日 (22.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/033874 A1

(51) 国際特許分類: F02C 7/228, 9/00, 9/34, F23R 3/28

LTD.) [JP/JP]; 〒108-8215 東京都 港区 港南二丁目
1 6 番 5 号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013013

(22) 国際出願日: 2003 年 10 月 9 日 (09.10.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2002-297400
2002 年 10 月 10 日 (10.10.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,

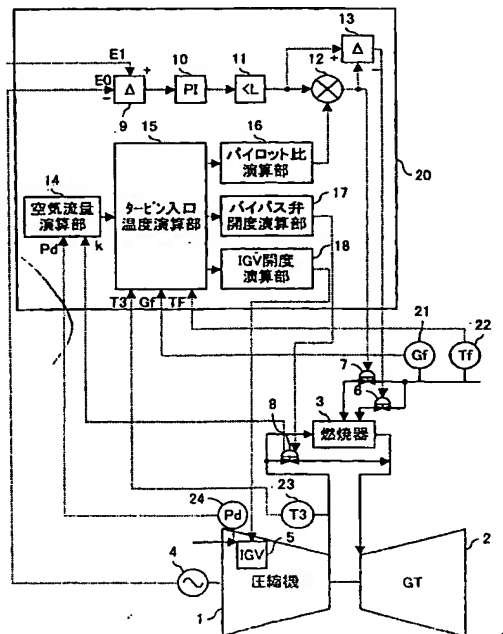
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中 聡史 (TANAKA, Satoshi) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県 高砂市 荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo (JP). 中村 慎祐 (NAKAMURA, Shin-suke) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県 高砂市 荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo (JP). 藤井 文倫 (FUJII, Fuminori) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県 高砂市 荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo (JP). 氏家直樹 (UJIE, Naoki) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県 高砂市 荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo (JP). 外山 浩三 (TOYAMA, Kozo) [JP/JP]; 〒676-8686 兵庫県 高砂市 荒井町新浜 2 丁目

[続葉有]

(54) Title: COMBUSTOR CONTROLLER

(54) 発明の名称: 燃焼器制御装置



(57) Abstract: A turbine inlet temperature operating section (15) determines the turbine inlet temperature T_4 based on the flow rate G_f and temperature T_f of fuel being supplied to a combustor (3) and the flow rate G_3 and temperature T_3 of air. Based on the turbine inlet temperature T_4 , a pilot ratio operating section (16) sets a pilot ratio, and a bypass valve operating section (17) and an IGV opening operating section (18) generate a bypass valve control signal and an IGV control signal, respectively.

(57) 要約: タービン入口温度演算部15で、燃焼器3へ供給する燃料の流量 G_f 及び温度 T_f と空気の流量 G_3 及び温度 T_3 とに基づいて、タービン入口温度 T_4 を求める。そして、このタービン入口温度 T_4 に基づいて、パイロット比演算部16においてパイロット比が設定されるとともに、バイパス弁開度演算部17及びIGV開度演算部18において、バイパス弁制御信号及びIGV制御信号が生成される。

14...AIR FLOW RATE OPERATING SECTION
15...TURBINE INLET TEMPERATURE OPERATING SECTION
16...PILOT RATIO OPERATING SECTION
17...BYPASS VALVE OPENING OPERATING SECTION
18...IGV OPENING OPERATING SECTION
3...COMBUSTOR
1...COMPRESSOR



1 番 1 号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内 Hyogo
(JP).

(74) 代理人: 佐野 静夫 (SANO, Shizuo); 〒540-0032 大阪府
大阪市 中央区天満橋京町 2-6 天満橋八千代ビル別
館 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, DE, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明細書

燃焼器制御装置

技術分野

本発明は、ガスタービンの燃焼器制御装置に関するもので、特に、燃焼器に与える燃料及び空気の燃空比を制御するための燃焼器制御装置に関する。

背景技術

ガスタービンの燃焼器として、燃料ガスを拡散させて種火で拡散燃焼するパイロットノズルと空気と燃料を混合して予混燃焼するメインノズルとを備えたものが、従来より使用されている。このような燃焼器から燃焼ガスを利用してガスタービンが回転を行い、このガスタービンの動力により発電機が発電する。よって、ガスタービンを利用した発電施設では、燃焼器の燃焼制御を行うことで、発電機の出力制御を行うことができる。

このような燃焼器の燃焼制御を行う際、パイロットノズルに供給するパイロット燃料とメインノズルに供給するメイン燃料との燃料比率も制御される。この燃料比率を適切な値に制御することによって、 NO_x の排出量を抑制することができる。第6図に、このようなパイロットノズル及びメインノズルを備えた燃焼器の制御を行うための従来の燃焼器制御装置の構成を示す。

第6図の燃焼器制御装置100は、燃焼器バイパス弁8の開度を制御するためのバイパス弁制御信号をバイパス弁開度演算部102によって発電機4からの出力に基づいて生成し、燃焼器バイパス弁8に与えて燃焼器3に供給する空気量を制御する。又、この燃焼器制御装置100は、入口案内翼（IGV）5の開度を制御するためのIGV制御信号をIGV開度演算部103によって発電機4からの出力に基づいて生成し、IGV5に与えて圧縮機1に流入する空気量を制御する。尚、バイパス弁開度演算部102及びIGV開度演算部103では、第3図及び第4図のグラフに基づいて、バイパス弁制御信号及びIGV制御信号の値が求められる。又、第3図及び第4図の横軸は、発電機4からの出力を表す。

更に、燃焼器制御装置100は、減算部9において発電機4からの出力と目標

値とする発電機出力との差分を求めた後、PI部10において積分成分を与えて、燃料流量指令信号(CSO)を生成する。そして、このPI部10からのCSOの値をリミッタ11で所定値Lと比較して、その値が所定値Lより低くなると、CSOをパイロット比演算部101及び乗算部12に与える。

パイロット比演算部101では、CSOに基づいて、乗算部12での乗算値を設定して乗算部12に与える。乗算部12では、リミッタ11より与えられるCSOに対して、パイロット比演算部101より与えられる乗算値を乗算してパイロット燃料制御信号を生成し、パイロット燃料制御弁7に与える。又、減算部13において、リミッタ11より与えられるCSOから乗算部12より与えられるパイロット燃料制御信号を減算してメイン燃料制御信号を生成し、メイン燃料制御弁6に与える。尚、パイロット比演算部101では、第2図のグラフに基づいて、パイロット燃料制御信号の値が求められる。又、第2図の横軸は、CSOの値を表す。

このような燃焼器制御装置100によって、ガスタービン2への負荷が低く発電機4の出力が低くなるとき、燃焼振動を抑えて安定燃焼させるために、IGV5の開度を閉じて圧縮機1に流入する空気流量を減少させるとともに、燃焼器バイパス弁8の開度を開いて圧縮機1からガスタービン2へ直接流入させる圧縮空気の流量を増加させる。このようにして、燃焼器3への空気流量を減らすことで、燃空比を上げる。又、ガスタービン2への負荷が高く発電機4の出力が高くなるとき、NO_x排出量を抑制するために、IGV5の開度を開いて圧縮機1に流入する空気流量を増加させるとともに、燃焼器バイパス弁8の開度を閉じて圧縮機1からガスタービン2へ直接流入させる圧縮空気の流量を減少させる。このようにして、燃焼器3への空気流量を増やすことで、燃空比を下げる。

更に、発電機の出力が低くなるとき、パイロットノズルの燃焼を活性化させ燃焼振動を抑えて安定燃焼させるために、メイン燃料制御弁6の開度を閉じるとともにパイロット燃料制御弁7の開度を開いて、燃焼器3に与えられる全燃料に対するパイロット燃料の比率(パイロット比)を高くする。又、発電機の出力が高くなるとき、パイロットノズルの燃焼を抑えてNO_x排出量を抑制するために、メイン燃料制御弁6の開度を開くとともにパイロット燃料制御弁7の開度を閉じ

て、パイロット比を低くする。

このように、従来は、燃焼によって得られた熱エネルギーがガスタービン 2 による運動エネルギーに変換され、この運動エネルギーが発電機 4 によって電気エネルギーに変換される。このように、発電機 4 の出力が燃焼器 3 における燃焼状態に近い状態を表し、又、燃焼器 3 での燃焼状態の変化に対して応答遅れが少ない。よって、上述で説明したように、従来では、パイロット比や IGV 5 及び燃焼器バイパス弁 8 の開度は、発電機 4 の出力に基づいて設定される。

しかしながら、従来の燃焼器制御装置において、燃焼器へ供給する空気流量やパイロットノズル及びメインノズルへ供給する燃料流量が、発電機の出力に基づいて設定されるため、発電機の電力供給系統の力率が変化した場合や蒸気タービンを併用した複合発電システムで急激な負荷変動があった場合などにおいて、正確な制御を行うことができない。

即ち、発電機の電力供給系統において、無効電力が増大して、その力率が変化した場合、発電機出力を有効電力で測定していることから、燃焼によって得たガスタービンの推進トルクと発電機出力との比例関係が崩れてしまう。このとき、ガスタービンの推進トルクが変化していないにも関わらず、発電機出力が小さくなるため、パイロット比及び燃空比を増大するような制御を行ってしまう。

又、蒸気タービンとガスタービンとを 1 本の軸でつないだ複合発電施設では、発電機の出力は、ガスタービンの推進トルクと蒸気タービンの推進トルクとの和に相当する。そのため、ガスタービンの推進トルクに基づく発電機の出力が、定常状態における蒸気タービンの推進トルクを推定することによって求められ、この求められたガスタービンの推進トルクに相当する発電機の出力に基づいて燃焼器におけるパイロット比及び燃空比が制御されている。よって、ガスタービンの推進トルクに相当する発電機の出力が正確に求められるわけではなく、急激な負荷変動が発生したときなどは、燃焼器におけるパイロット比及び燃空比の正確な制御が行えない。

このような問題を防ぐためには、燃焼器出口における燃焼ガスの温度（即ち、ガスタービン入口に供給される燃焼ガス温度であり、以下、「タービン入口温度」と呼ぶ）により、燃焼器におけるパイロット比及び燃空比の制御を行うことが好

ましい。しかしながら、近年のガスタービンにおいて、そのタービン入口温度が 1500°C を超えるようになってきているため、タービン入口温度を長期間続けて測定できる温度測定器が存在しない。又、タービン入口温度を、燃焼器の車室圧力とガスタービンの排ガス温度から演算して推定する方法もあるが、燃焼状態に対する排ガス温度の応答性が悪い。よって、結果的に、実際のタービン入口温度が遅延した値が与えられ、燃焼器におけるパイロット比及び燃空比の制御において、応答遅れが発生する。

発明の開示

このような問題を鑑みて、本発明は、応答遅れが無く正確にタービン入口温度が演算可能であるとともに、演算結果となるタービン入口温度に基づいて燃焼器の制御を行うことができる燃焼器制御装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の燃焼器制御装置は、発電機と同軸に設けられたガスタービンに設けられるとともに当該ガスタービンに燃焼ガスを与えて回転させる燃焼器を制御する燃焼器制御装置において、前記発電機の出力と前記発電機が目標とする出力の差分値に基づいて、前記燃焼器に与える燃料流量を設定する燃料流量演算部と、前記燃焼器に流入される燃料及び空気それぞれの流量及び温度に基づいて、前記ガスタービンに前記燃焼器から流入される燃焼ガスの温度であるタービン入口温度を求めるタービン入口温度演算部と、種火を拡散燃焼する前記燃焼器内のパイロットノズルに与えるパイロット燃料と空気と燃料とを混合して予混燃焼する前記燃焼器内のメインノズルに与えるメイン燃料との合計となる全燃料流量に対する前記パイロット燃料の比となるパイロット比を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定するパイロット比演算部と、前記燃焼器内に流入させる空気流量を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定する空気流量演算部と、を備え、前記パイロット比演算部で求められたパイロット比と前記燃料流量演算部で求められた前記燃料流量とに基づいて、前記パイロット燃料及び前記メイン燃料の流量を制御するとともに、前記空気流量演算部で求められた空気流量によって前記燃焼器内に流入させる空気流量を制御することで、前記燃焼器の燃焼

状態を制御することを特徴とする。

図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の燃焼器制御装置を備えたガスタービン発電施設の構成を示すブロック図であり、

第 2 図は、パイロット比とタービン入口温度又は C S O との関係を示すグラフであり、

第 3 図は、燃焼器バイパス弁の開度とタービン入口温度又は発電機出力との関係を示すグラフであり、

第 4 図は、I G V の開度とタービン入口温度又は発電機出力との関係を示すグラフであり、

第 5 図は、タービン入口温度演算部の内部構成の一例を示す図であり、

第 6 図は、従来のガスタービン発電施設の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。第 1 図は、本実施形態における燃焼器制御装置を備えたガスタービン発電施設の構成を示すブロック図である。尚、第 1 図において、第 6 図と同一部分については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

第 1 図のガスタービン発電施設は、第 1 段静翼である I G V 5 を備えた圧縮機 1 と、圧縮機 1 と同軸に備えられたガスタービン 2 と、ガスタービン 2 を回転させるために燃焼ガスを供給する燃焼器 3 と、ガスタービン 2 が回転することによって回転して発電する発電機 4 とを備える。又、燃焼器 3 のメインノズル（不図示）に供給する燃料流量を設定するメイン燃料制御弁 6 と、燃焼器 3 のパイロットノズル（不図示）に供給する燃料流量を設定するパイロット燃料制御弁 7 と、燃焼器 3 へ供給する空気流量を決定するために圧縮機 1 からガスタービン 2 へバイパスさせる空気流量を設定する燃焼器バイパス弁 8 と、燃焼器 3 の燃空比及びパイロット比を制御する燃焼器制御装置 20 とを備える。

更に、燃焼器 3 への燃料流量 G_f 及び燃料温度 T_f それぞれを測定するために

メインノズル及びパイロットノズルそれぞれに燃料を供給する燃料供給用通路の分岐までに設けられた流量測定器 21 及び温度測定器 22 と、圧縮機 1 から吐出される圧縮空気の温度 T_3 を測定するために圧縮機 1 の出口に設けられた温度測定器 23 と、圧縮機 1 に流入される空気の差圧 P_d を測定するために圧縮機 1 の IGV 5 の前後に設けられた差圧測定器 24 と、を備える。

ガスタービン発電施設がこのように構成されるとき、圧縮機 1 へ流入される空気量が IGV の開度によって設定されるとともに、圧縮機 1 から燃焼器 3 へ流入される空気量が燃焼器バイパス弁 8 によって設定される。そして、圧縮機 1 で圧縮された空気が燃焼器 3 に供給されると、パイロット燃料制御弁 7 を通じて燃料が与えられるパイロットノズルによって拡散燃焼が成されるとともに、メイン燃料制御弁 6 を通じて燃料が与えられるメインノズルによって予混燃焼が成され、燃焼器 3 で燃焼されて得た高温の燃焼ガスがガスタービン 2 に供給される。ガスタービン 2 が燃焼器 3 より供給される燃焼ガスによって回転すると、同軸の発電機 4 も回転するため、発電機 4 が発電して電気出力を行う。

このとき、燃焼器 3 に供給される全燃料流量 G_f が流量測定器 21 によって測定されるとともに、その温度 T_f が温度測定器 22 によって測定される。又、圧縮機 1 から燃焼器 3 へ供給される空気温度 T_3 が温度測定器 23 によって測定される。更に、圧縮機 1 へ流入される空気の差圧 P_d が差圧測定器 24 によって測定される。測定された燃料流量 G_f 、燃料温度 T_f 、空気温度 T_3 、差圧 P_d 及び燃焼器バイパス弁 8 の開度 k が燃焼器制御装置 20 に与えられる。

そして、燃焼器制御装置 20 によって、燃料流量 G_f 、燃料温度 T_f 、空気温度 T_3 、差圧 P_d 及び燃焼器バイパス弁 8 の開度 k に基づいて、燃焼器 3 の燃空比及びパイロット比が設定される。そして、設定された燃空比及びパイロット比に基づいて、IGV 制御信号、メイン燃料制御信号、パイロット燃料制御信号、及びバイパス弁制御信号がそれぞれ生成され、IGV 5、メイン燃料制御弁 6、パイロット燃料制御弁 7、及び燃焼器バイパス弁 8 に与えられる。

この燃焼器制御装置 20 は、発電機 4 の出力 E_0 が与えられるとともに目標とする出力 E_1 との差分値 $E_1 - E_0$ が求められる減算部 9 と、減差分部 9 からの差分値 $E_1 - E_0$ に対して積分成分を付加して CSO を生成する PI 部 10 と、

P I 部 1 0 からの C S O の値が L 以上となるとき値が L となる C S O を出力するリミッタ 1 1 と、リミッタ 1 1 からの C S O が与えられてパイロット燃料制御信号を生成する乗算部 1 2 と、リミッタ 1 1 からの C S O の値より乗算部 1 2 からのパイロット燃料制御信号の値を減算してメイン燃料制御信号を生成する減算部 1 3 と、差圧 P d 及び燃焼器バイパス弁 8 の開度 k に基づいて燃焼器 3 へ流入される空気流量 G 3 を求める空気流量演算部 1 4 と、燃料流量 G f 、燃料温度 T f 、空気流量 G 3 、及び空気温度 T 3 に基づいてタービン入口温度 T 4 を求めるタービン入口温度演算部 1 5 と、タービン入口温度 T 4 に基づいてパイロット比を求め乗算部 1 2 に与えるパイロット比演算部 1 6 と、タービン入口温度 T 4 に基づいてバイパス弁制御信号を生成するバイパス弁開度演算部 1 7 と、タービン入口温度 T 4 に基づいて I G V 制御信号を生成する I G V 開度演算部 1 8 とを備える。

このように燃焼器制御装置 2 0 が構成されるとき、発電機 4 からの出力 E 0 が減算部 9 に与えられると、目標とする発電機 4 の出力 E 1 から実際の出力 E 0 が減算されて、差分値 E 1 - E 0 が求められる。この差分値 E 1 - E 0 に対して、応答特性を良好にするために P I 部 1 0 において積分成分が付加されて C S O が生成されると、リミッタ 1 1 に与えられる。リミッタ 1 1 では、C S O の値が L と比較されて、L より小さい場合は P I 部 1 0 からの C S O がそのまま出力され、L 以上となる場合は値が L となる C S O が出力される。

又、差圧測定器 2 4 で測定された I G V 5 の内外の差圧 P d と燃焼器バイパス弁 8 の開度 k が空気流量演算部 1 4 に与えられて、圧縮機 1 から燃焼器バイパス弁 8 を介して燃焼器 3 に供給される空気流量 G 3 が求められる。そして、この空気流量演算部 1 4 で求められた空気流量 G 3 とともに、流量測定部 2 1 及び温度測定部 2 2, 2 3 それぞれで測定された燃料流量 G f 及び燃料温度 T f 及び空気温度 T 3 がタービン入口温度演算部 1 5 に与えられる。タービン入口温度演算部 1 5 では、(1) 式より得られる (2) 式で表される伝達関数に基づいて、タービン入口温度 T 4 が求められる。

$$C_{p4} V_{cb} \gamma \times (dT_4/dt) = C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f - C_{p4} G_4 T_4$$

$$\dots \quad (1)$$

$$T4(s) = (C_{pf} G_f(s) T_f(s) + C_{p3} G_3(s) T_3(s) + \eta H_f G_f(s)) / (C_{p4} G_4(s) + C_{p4} V_{cb} \gamma_4 s) \dots \quad (2)$$

但し、 C_{p3} ：燃焼器 3 の車室比熱、 C_{p4} ：燃焼ガス比熱、 C_{pf} ：燃料比熱、 η ：燃焼器 3 の熱効率、 H_f ：燃料発熱量、 γ_4 ：燃焼ガス比重、 V_{cb} ：燃焼器容積、 G_4 ：タービン入口燃焼ガス流量（ $= G_3 + G_f$ ）である。又、 $G_3(s)$ 、 $T_3(s)$ 、 $G_4(s)$ 、 $G_f(s)$ 、 $T_f(s)$ はそれぞれ s による関数であり、それぞれは計測値により変化する関数である。

尚、(1) 式は、タービン入口温度の動的挙動を表すもので、右辺の第 1 項が燃料ガスの有する熱エネルギーを、右辺の第 2 項が流入空気の有する熱エネルギーを、右辺の第 3 項が燃焼によって発生する熱エネルギーを、右辺の第 4 項が燃焼ガスを現在のタービン入口温度 T_4 までに上昇するために必要なエネルギーを、左辺がタービン入口温度 T_4 の変化量に対する燃焼ガスによる熱エネルギーの変化量を、それぞれ表す。よって、右辺が正となる場合、現在のタービン入口温度 T_4 まで上昇するのに必要なエネルギーよりも燃焼器 3 によって投入されるエネルギーが高いことを示し、又、右辺が負となる場合、現在のタービン入口温度 T_4 まで上昇するのに必要なエネルギーよりも燃焼器 3 によって投入されるエネルギーが低いことを示す。

タービン入口温度演算部 15 において (2) 式の伝達関数に基づいて求められたタービン入口温度 T_4 の値が、パイロット比演算部 16、バイパス弁開度演算部 17、IGV 開度演算部 18 に与えられる。そして、パイロット比演算部 16 では、第 2 図に基づいてパイロット比が求められ、乗算部 12 に与えられる。又、バイパス弁解度演算部 17 では、第 3 図に基づく値となるバイパス弁制御信号が求められ、燃焼器バイパス弁 8 に与えられる。又、IGV 開度演算部 18 では、第 4 図に基づく値となる IGV 制御信号が求められ、IGV 5 に与えられる。尚、第 2 図～第 4 図の横軸は、タービン入口温度 T_4 を表す。即ち、タービン入口温度 T_4 が高くなると、パイロット比が小さくなり、又、所定値以上となったとき、燃焼器バイパス弁 8 の開度を閉じる方向に変化させるとともに IGV 5 の

開度を開く方向に変化させる。

このように、パイロット比演算部 16 で求められたパイロット比は、乗算部 12 に与えられて、乗算部 12 において、リミッタ 11 より与えられる CSO に乗算される。今、パイロット比を P とすると、乗算部 12 より $P \times CSO$ となる値のパイロット燃料制御信号が出力され、減算部 13 及びパイロット燃料制御弁 7 に与えられる。このパイロット燃料制御信号が減算部 13 に与えられるため、減算部 13 でリミッタ 11 から与えられる CSO より減算すると、減算部 12 より $(1 - P) \times CSO$ となる値のメイン燃料制御信号が出力され、メイン燃料制御弁 6 に与えられる。

このようにして燃焼器制御装置 20 が動作することによって、タービン入口温度 T_4 に基づいて、燃焼器 3 の燃焼状態を制御することができる。即ち、タービン入口温度 T_4 が高い場合は、IGV 5 の開度を開くとともに燃焼器バイパス弁 8 の開度を閉じることで、燃焼器 3 への流入空気の流量を増加させて燃空比を下げ、又、メイン燃料制御弁 6 の開度を開くとともにパイロット燃料制御弁 7 の開度を閉じることで、パイロット比を低くして、高負荷時に発生する NO_x の排出量を抑制することができる。

又、タービン入口温度 T_4 が低い場合は、IGV 5 の開度を閉じるとともに燃焼器バイパス弁 8 の開度を開くことで、燃焼器 3 への流入空気の流量を増加させて燃空比を上げ、又、メイン燃料制御弁 6 の開度を閉じるとともにパイロット燃料制御弁 7 の開度を開くことで、パイロット比を高くして、低負荷時に発生する燃焼振動を抑えて安定燃焼させることができる。

又、本実施形態では、タービン入口温度演算部 15 について、(2) 式の伝達関数に基づいてタービン入口温度 T_4 を求めるものとしたが、例えば、第 5 図に示すような構成のものを用いても構わない。第 5 図に示すタービン入口温度演算部 15 は、下の (3) 式に基づく構成となる。尚、(3) 式において、 T_4 : 現在のタービン入口温度、 T_{4k} : 前回の演算結果であるタービン入口温度、 Δt : 各計測部 22 ~ 24 から計測値が与えられるタイミング時間である。又、(3) 式によって、現在のタービン入口温度 T_4 は、(4) 式のように表される。

$$\text{Cp4 Vcb } \gamma 4 \times (T4 - T4k) / \Delta t = \text{Cpf Gf Tf} + \text{Cp3 G3 T3} + \eta \text{ Hf Gf} - \text{Cp4 G4 T4} \dots \quad (3)$$

$$T4 = ((\text{Cpf Gf Tf} + \text{Cp3 G3 T3} + \eta \text{ Hf Gf}) \times \Delta t + \text{Cp4 Vcb } \gamma 4 \times T4k) / (\Delta t \text{ Cp4 G4} + \text{Cp4 Vcb } \gamma 4) \dots \quad (4)$$

第5図において、乗算部31によって燃料温度 T_f 及び燃料流量 G_f が乗算された後、乗算部32によって定数である燃料比熱 C_{pf} が乗算されるとともに、乗算部33によって空気温度 T_3 及び空気流量 G_3 が乗算された後、乗算部34によって定数である燃焼器3の車室比熱 C_{p3} が乗算される。又、燃料流量 G_f は乗算部36によって定数である燃焼器3の熱効率 η 及び燃料発熱量 H_f を乗算した値 $\eta \times H_f$ が乗算される。そして、乗算部32、34より得られた値が加算部35で加算された後、この加算部35で得られた値と乗算部36で得られた値とが加算部37で加算される。

このようにして加算部37より出力される値 $(\text{Cpf Gf Tf} + \text{Cp3 G3 T3} + \eta \text{ Hf Gf})$ に対して、乗算部38において、定数であるタイミング時間 Δt が乗算される。又、メモリ30には、前回の演算結果であるタービン入口温度 T_{4k} が格納されており、このタービン入口温度 T_{4k} が乗算部39に与えられると、定数である燃焼ガス比熱 C_{p4} と燃焼器3の容積 V_{cb} と燃焼ガス比重 γ_4 との乗算値が乗算され、更に、加算部40において、乗算部38で得られた $(\text{Cpf Gf Tf} + \text{Cp3 G3 T3} + \eta \text{ Hf Gf}) \times \Delta t$ が加算される。

又、加算部41では、燃料流量 G_f と空気流量 G_3 が加算されてタービン入口燃焼ガス流量 G_4 が求められた後、このタービン入口燃焼ガス流量 G_4 に、定数であるタイミング時間 Δt と燃焼ガス比熱 C_{p4} との乗算値が乗算部42において乗算される。そして、更に、加算部43において、乗算部42で得られた値に、定数である燃焼ガス比熱 C_{p4} と燃焼器3の容積 V_{cb} と燃焼ガス比重 γ_4 との乗算値が加算される。

このようにして、加算器40より得られた値 $A = ((\text{Cpf Gf Tf} + \text{Cp3 G3 T3} + \eta \text{ Hf Gf}) \times \Delta t + \text{Cp4 Vcb } \gamma 4 \times T4k)$ と、加算部43より得られた値 $B = (\Delta t \text{ Cp4 G4} + \text{Cp4 Vcb } \gamma 4)$ とが除算部44に与えられると、 A/B の演算が行われ、現在のタ

ービン入口温度 T_4 が求められる。そして、求められたタービン入口温度 T_4 は、パイロット比演算部 16、バイパス弁開度演算部 17、IGV開度演算部 18 それぞれに与えられるとともに、メモリ 30 にタービン入口温度 $T_4 k$ として格納される。

尚、タービン入口温度演算部 15 については、(1) 式の関数に基づいてタービン入口温度 T_4 を求める構成であれば、第 5 図のような構成例に限らず、他の構成としても構わない。又、燃焼器 3 への空気流量 G_3 を、圧縮機 1 へ流入される空気の差圧 P_d 及び燃焼器バイパス弁 8 の開度 k に基づいて求めるものとしたが、燃焼器 3 へ空気を供給する経路に流量計を設け、この流量計によって直接測定するようにしても構わない。

産業上の利用可能性

本発明によると、タービン入口温度演算部において、燃焼器へ供給される燃料及び空気それぞれの流量及び温度に基づいてタービン入口温度が求められるため、比較的、実際の温度に近いタービン入口温度を求めることができる。又、このタービン入口温度に基づいて、燃焼器の燃焼状態を制御するため、その応答性を良くすることができる。又、従来と異なり、発電機出力に基づく燃焼器の燃焼状態の制御でないので、電力系統の外乱やガスタービンと同軸に設けられた蒸気タービンの状態変化に関係なく、常に最適な燃焼状態に保つように制御することができる。

請求の範囲

1. 発電機と同軸に設けられたガスタービンに設けられるとともに当該ガスタービンに燃焼ガスを与えて回転させる燃焼器を制御する燃焼器制御装置において、

前記発電機の出力と前記発電機が目標とする出力の差分値に基づいて、前記燃焼器に与える燃料流量を設定する燃料流量演算部と、

前記燃焼器に流入される燃料及び空気それぞれの流量及び温度に基づいて、前記ガスタービンに前記燃焼器から流入される燃焼ガスの温度であるタービン入口温度を求めるタービン入口温度演算部と、

種火を拡散燃焼する前記燃焼器内のパイロットノズルに与えるパイロット燃料と空気と燃料とを混合して予混燃焼する前記燃焼器内のメインノズルに与えるメイン燃料との合計となる全燃料流量に対する前記パイロット燃料の比となるパイロット比を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定するパイロット比演算部と、

前記燃焼器内に流入させる空気流量を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定する空気流量演算部と、

を備え、

前記パイロット比演算部で求められたパイロット比と前記燃料流量演算部で求められた前記燃料流量とに基づいて、前記パイロット燃料及び前記メイン燃料の流量を制御するとともに、前記空気流量演算部で求められた空気流量によって前記燃焼器内に流入させる空気流量を制御することで、前記燃焼器の燃焼状態を制御することを特徴とする燃焼器制御装置。

2. 前記パイロット比演算部で演算されたパイロット比を前記燃料流量演算部で求められた燃料流量に乗算してパイロットノズルへのパイロット燃料流量を求めるとともに、前記燃料流量演算部で求めた燃料流量よりパイロット燃料流量を減算することでメインノズルへのメイン燃料流量を求め、

求めた当該パイロット燃料流量及びメイン燃料流量より、パイロット燃料制御弁及びメイン燃料弁それぞれの開度を制御して、前記パイロット燃料及び前記メ

イン燃料の流量を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器制御装置。

3. 前記ガスタービンと同軸の圧縮機で圧縮された空気が前記燃焼器に与えられるとき、

前記圧縮機に設けられた入口案内翼の開度と、前記圧縮機から燃焼器へ圧縮空気を供給する経路から分岐されて前記ガスタービンへ圧縮空気を供給する経路に設けられた燃焼器バイパス弁の開度とを、前記空気流量演算部で求められた空気流量に基づいて制御することを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器制御装置。

4. 前記タービン入口温度演算部に与える前記燃焼器へ供給される空気流量の値が、前記圧縮機の入口における差圧と、前記燃焼器バイパス弁の開度に基づいて求められることを特徴とする請求項 3 に記載の燃焼器制御装置。

5. 前記燃料流量演算部が、

前記発電機の出力と前記発電機が目標とする出力の差分値を求める減算部と、
該減算部より前記燃焼器への燃料流量を設定する流量設定部とを備え、

該流量設定部で設定した燃料流量が所定の閾値以上となる場合、当該所定の閾値を燃料流量として設定して出力することを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器制御装置。

6. 前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度が低いとき、前記パイロット比演算部で求められる前記パイロット比が高く、前記空気流量演算部で求められる空気流量が多くなり、

又、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度が高いとき、前記パイロット比演算部で求められる前記パイロット比が低く、前記空気流量演算部で求められる空気流量が少なくなることを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器制御装置。

7. 前記タービン入口温度演算部において、タービン入口温度 T_4 が、

$$C_{p4} V_{cb} \gamma_4 \times (dT_4 / dt) = C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f - C_{p4} G_4 T_4$$

G_f : 前記燃焼器へ供給する燃料の流量

T_f : 前記燃焼器へ供給する燃料の温度

G_3 : 前記燃焼器へ供給する空気の流量

T_3 : 前記燃焼器へ供給する空気の温度

C_{p3} : 前記燃焼器の車室比熱、

C_{p4} : 前記燃焼器で生成される燃焼ガスの比熱

C_{pf} : 前記燃料の比熱

η : 前記燃焼器の熱効率

H_f : 前記燃料の発熱量

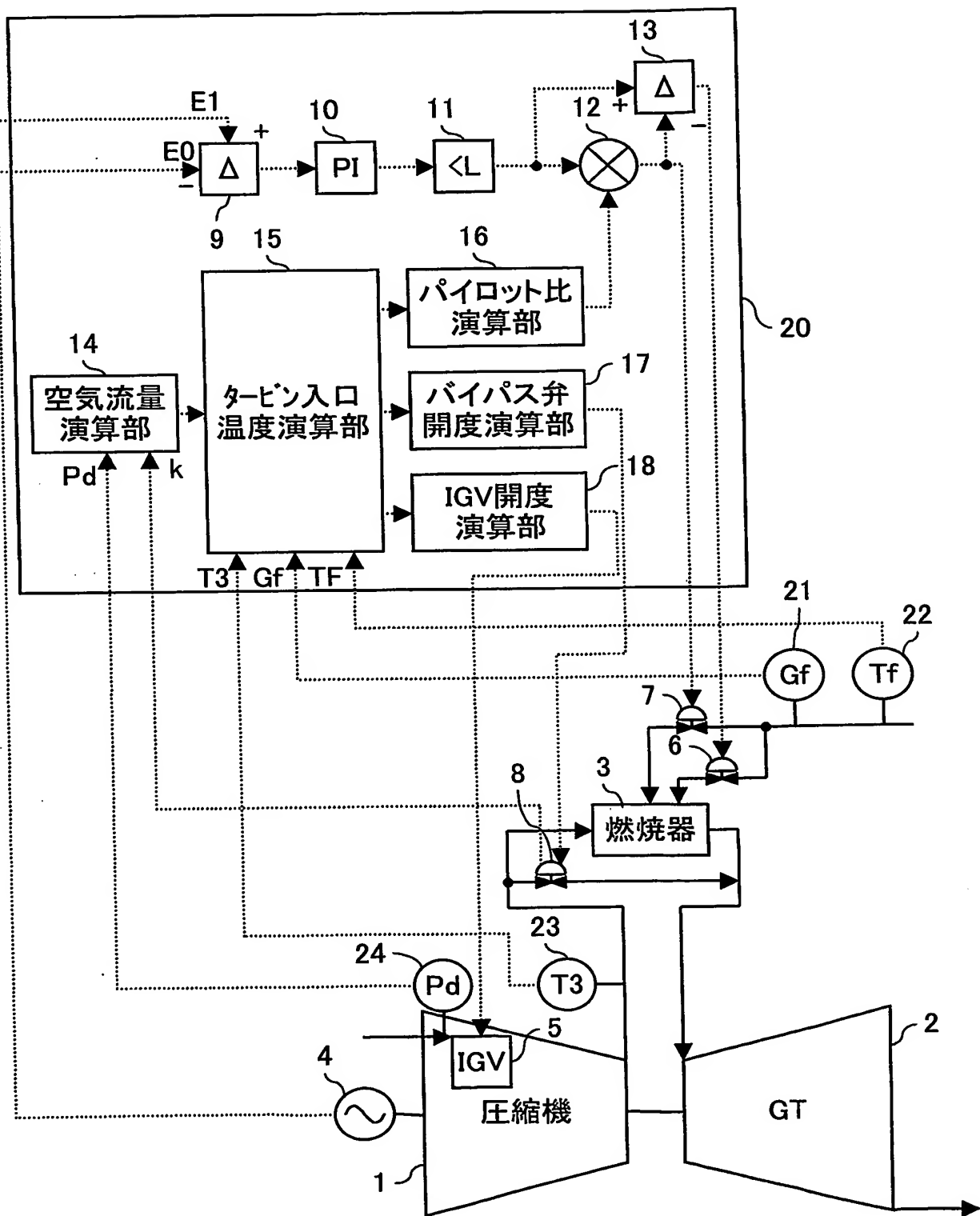
γ_4 : 前記燃焼ガスの比重

V_{cb} : 前記燃焼器の容積

G_4 : タービン入口燃焼ガス流量 ($= G_3 + G_f$)

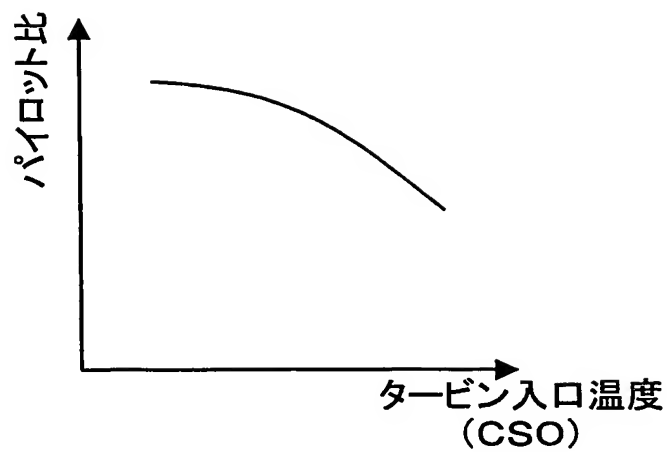
により、求められることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 6 のいずれかに記載の燃焼器制御装置。

第1図

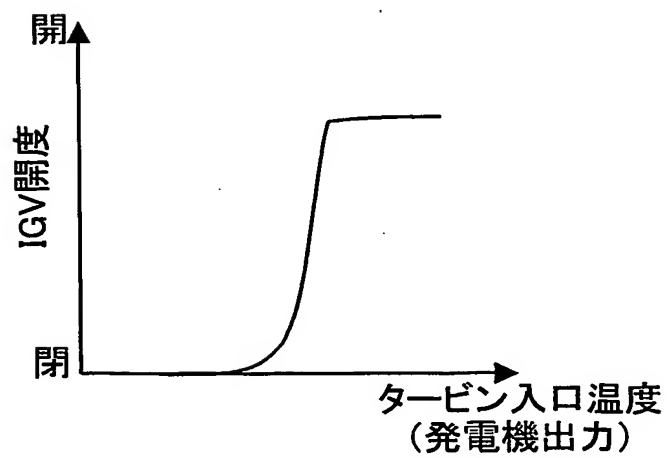


2/4

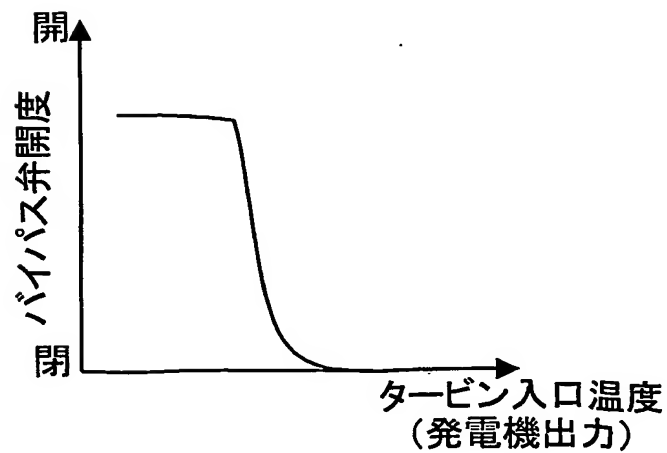
第2図



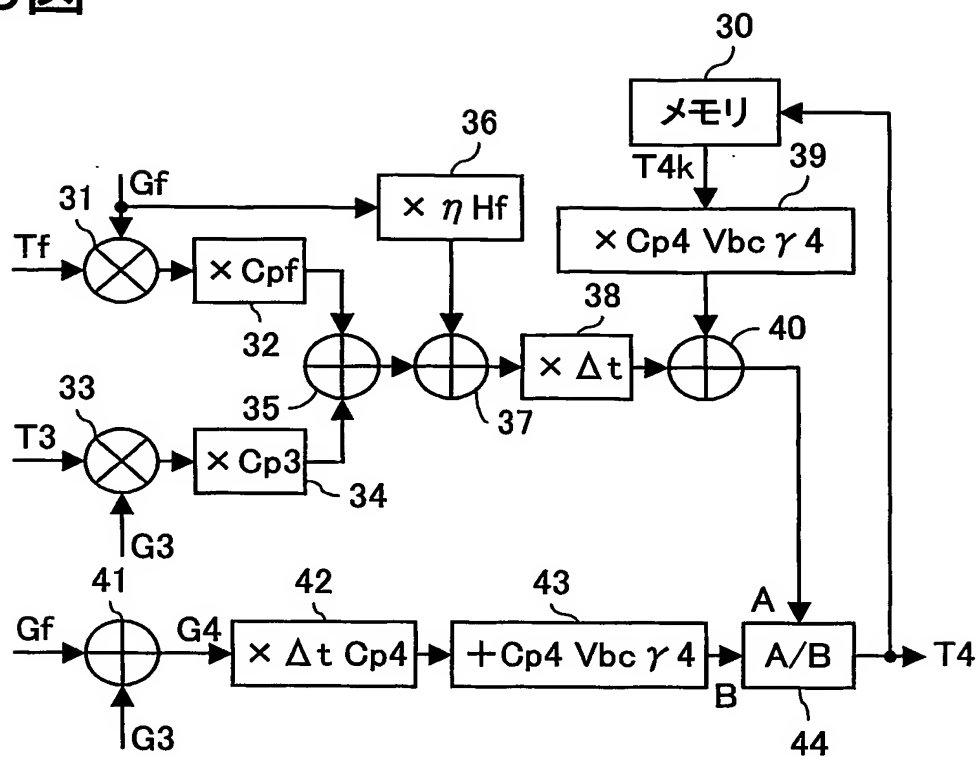
第3図



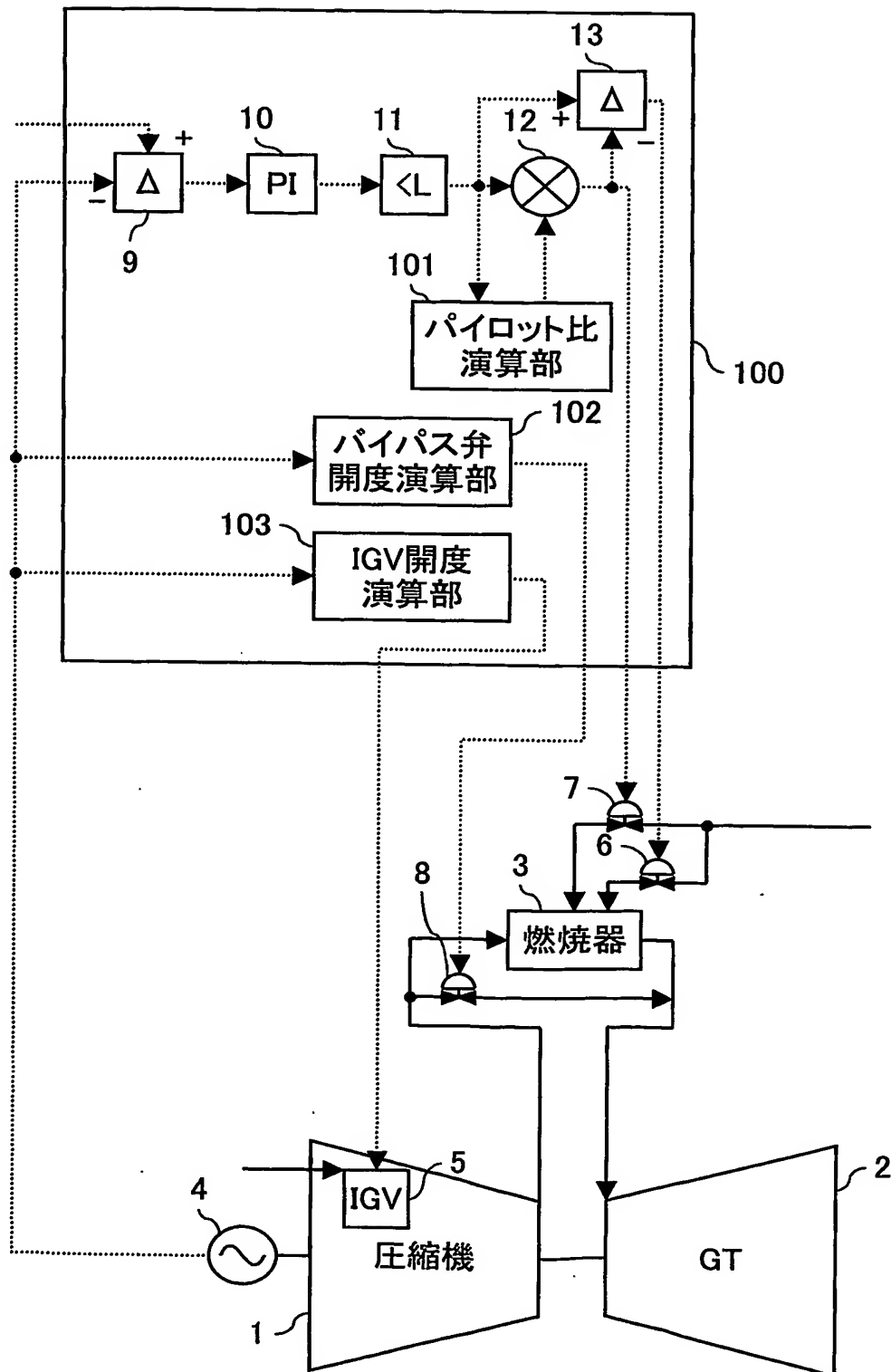
第4図



第5図



第6図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13013

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ F02C7/228, F02C9/00, F02C9/34, F23R3/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ F02C7/228, F02C9/00, F02C9/34, F23R3/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GB 2011091 A. (General Electric Co.), 04 July, 1979 (04.07.79), Page 2, respective formulas & DE 2850625 A1 & JP 54-090409 A	1-7
A	US 4094142 A1 (Engelhard Minerals & Chemicals Corp.), 13 June, 1978 (13.06.78), All drawings & JP 51-098414 A	1-7
Y A	JP 61-096332 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 May, 1986 (15.05.86), Page 1, lower left column (Family: none)	1, 3 2, 4-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
07 January, 2004 (07.01.04)Date of mailing of the international search report
27 January, 2004 (27.01.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13013

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 08-178290 A (Toshiba Corp.), 12 July, 1996 (12.07.96), Figs. 2, 7; full text (Family: none)	1, 2 3-7
A	JP 11-022490 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 January, 1999 (26.01.99), Full text (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 F02C7/228, F02C9/00, F02C9/34, F23R3/28

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 F02C7/228, F02C9/00, F02C9/34, F23R3/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	GB 2011091 A (General Electric Company) 1979. 07. 04, 第2頁各式 & DE 2850625 A1 & JP 54-090409 A	1-7
A	US 4094142 A1 (Engelhard Minerals & Chemicals Cor p.) 1978. 06. 13, 全図 & JP 51-098414 A	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 01. 04

国際調査報告の発送日

27. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森藤 淳志



3 T

9248

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 61-096332 A (三菱重工業株式会社) 1986. 05. 15, 第1頁, 左下欄 (ファミリーなし)	1, 3 2, 4-7
Y A	JP 08-178290 A (株式会社東芝) 1996. 07. 12, 図2、図7、全文 (ファミリーなし)	1, 2 3-7
A	JP 11-022490 A (三菱重工業株式会社) 1999. 01. 26, 全文 (ファミリーなし)	1-7